

УДК 621.333.23

Д.Ю.ЗУБЕНКО, канд. техн. наук

*Харківська національна академія міського господарства*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ СПЕКТРІВ ВІБРОСИГНАЛІВ, ЯКІ ДОЗВОЛЯЮТЬ РОЗКРИТИ ДЕФЕКТИ В ЗУБЧАСТИХ ПЕРЕДАЧАХ ТЯГОВИХ ПРИВОДІВ ЕЛЕКТРОПОЇЗДІВ**

Розглядаються різні види дефектів у роботі зубчастої передачі електропоїздів. Пропонуються сучасні технології вібродіагностування, які дозволяють виявляти й попереджати відмовлення, підтримувати експлуатаційні показники в заданих межах і прогнозувати рівень технічного стану вузлів і деталей для продовження їхнього ресурсу.

Тенденції до старіння рухомого складу в Україні змушують шукати нові підходи й методи оцінки його технічного стану й продовженню терміну служби. У зв'язку з цим виникає актуальна задача забезпечення ефективного контролю стану його лімітуючих вузлів і деталей. Цього можна досягти тільки застосуванням у технології обслуговування та ремонту сучасних наукових методів і автоматизованих засобів, які дозволяють виявляти й попереджати відмовлення, підтримувати експлуатаційні показники в заданих межах, прогнозувати рівень технічного стану вузлів і деталей для продовження їхнього ресурсу [2].

Одним із таких методів є вібродіагностика, в якій практично миттєва реакція вібросигналу є незамінною якістю щодо визначення технічного стану, коли визначальним фактором є швидкість постановки діагнозу й ухвалення відповідного рішення [4, 7].

Останнім часом у вітчизняній і закордонній літературі з'явилося безліч публікацій щодо розпізнавання технічного стану машин і механізмів за допомогою вібродіагностики. Опубліковано фундаментальні праці з теорії вібродіагностики, з методичних питань і принципів побудови діагностичних вимірювальних систем, а також багато досліджень з діагностування дефектів, які зароджуються й розвиваються у зубчастих зачепленнях, підшипниках, електричних дефектів та ін. Однак у відомих працях, як правило відсутнє комплексне взаємоув'язування викладених теоретичних питань, практичних досліджень, опис промислових вимірювальних систем з дослідженням їх впровадження на конкретних зразках на підприємстві [1, 3, 5].

Метою даної статті є розкриття дефектів у тягових приводах електропоїздів, що викликають різні види вібрацій, а також розробку методики їх вібродіагностування, на основі апаратного мікропроцесорного комплексу [7].

Роботу зубчастої пари в тяговому редукторі електропоїзда супро-

воджує цілий ряд характерних вібрацій, які викликаються тертям і ударами при обкатуванні зуба однієї шестірні зубом іншої. Аналіз цих вібрацій дозволяє досить успішно діагностувати цілий ряд різних дефектів зубозчеплення [4].

При аналізі вібросигналів, генерованих зубчастими парами необхідно враховувати основні характерні риси їх роботи, такі як:

- вібросигнали від зубчастих пар містять у собі як синхронні компоненти (гармоніки), пропорційні оборотній частоті обертання шестірні, так і несинхронні, пов'язані з резонансними процесами і не пропорційні частоті обертання ротора (сторонні удари, невірноваженість мас і ін.);

- гармоніки, властиві зубозчепленню, мають невисокий енергетичний рівень;

- амплітуда гармонік у спектрі, які викликаються вібраціями зубчастих пар, значною мірою залежить від навантаження, переданого зубчастою парою;

- вібрації від зубозчеплення є нестационарними і мають у своєму складі кілька фаз "обкатування" (проковзування зуба по зубі);

- дуже часто підняття спектра над "білим шумом" відбувається не тільки на частоті зубозчеплення, але й на частоті власних резонансів елементів зубчастої пари або всього редуктора [6].

Слід зазначити, що з появою дефектів у зубозчепленні відбувається не тільки зростання амплітуди гармоніки зубозчеплення, але і поблизу частоти зубозчеплення (вище й нижче її по частоті) з'являються також бічні гармоніки.

Спектр вібросигналу від зубчастої пари редуктора, що знаходиться в гарному стані, має вигляд, наведений на рис.1.

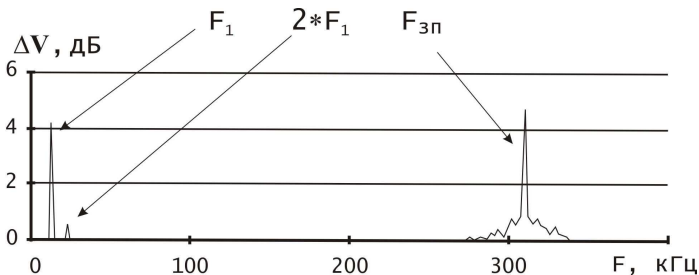


Рис.1 – Спектр вібрації зубчастої пари, яка знаходиться в нормальному стані

Основними гармоніками на такому спектрі звичайно, є перша, оборотна  $F_1$  і друга  $2*F_1$  гармоніка оборотної частоти контролювано-

го валу. Вони викликані звичайними механічними проблемами (небаланс, розцентровка та ін.) від валу, на підшипнику якого виробляється вимір вібрації [2].

Амплітуда гармоніки на частоті зубозчеплення  $F_{зп}$  звичайно дуже чутлива до навантаження. Висота піку частоти  $F_{зп}$  на спектрі залежить від досить багатьох факторів, основними з яких можна вважати:

- технічний стан зубчастої пари;
- якість, достатність і чистота мастила;
- навантаження зубчастої пари навантажувальним моментом, який передається від двигуна до виконавчого механізму.

Найбільш важливим вібродіагностичним показником появи загального зносу зубчастих пар є поява в спектрі вібросигналу спочатку однієї пари, а потім і цілого ряду дрібних бічних гармонік, інтервали між яких у значній мірі заповнюються рівнем "білого шуму" [3, 4].

У подальшому, після того як процеси зносу в зубчастій парі будуть усе більш прогресувати, досить явно вираженими будуть ставати і піки бічних гармонік частоти зубозчеплення. При подальшому зносі буде зростати амплітуда "білого шуму", що, при подальшому розвитку дефектів, може зрівнятися по амплітуді з гармонікою зубозчеплення та з бічними гармоніками.

Розглянемо два спектри вібросигналів, які відповідають зубчастій парі з наступними параметрами:

- частота обертання вхідного валу – 10 Гц;
- частота обертання вихідного валу – 30 Гц;
- число зубців вхідного валу – 36;
- число зубців вихідного валу – 12.

Перший спектр (рис.2) відповідає початковій фазі появи та розвитку найбільш розповсюдженого дефекту зубозчеплення – зносу зубчастого колеса вхідного валу.

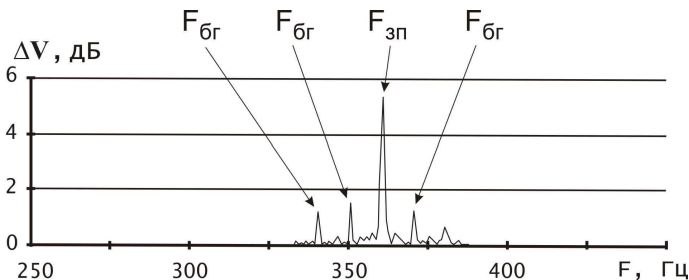


Рис.2 – Спектр вібрації зубчастої пари з дефектом на вхідному валу

Цей дефект виявляється на спектрі вібросигналу як поява трьох бічних гармонік  $F_{бг}$  (не парних), зсунутих від основної частоти зубозчеплення  $F_{зп}$  (360 Гц) на інтервал, який дорівнює оборотній частоті обертання вхідного валу.

Ці три бічні гармоніки добре проглядаються на спектрі вібросигналу у вигляді явно виражених піків. Четверта бічна гармоніка на частоті 380 Гц носить характер не явно виражений, хоча, при бажанні, її можна диференціювати в загальному шумі.

На спектрі рис.3 показано аналогічний дефект, але розташований уже на вихідному, більш швидкохідному валу. Як видно зі спектрограми, цей дефект є значно розвинішим. Добре видно, що при збереженні загальної картини прояву дефекту змінився частотний крок між бічними гармоніками і частотою зубозчеплення. Тепер він дорівнює не 10 Гц, як на рис.2, а складає вже 30 Гц.

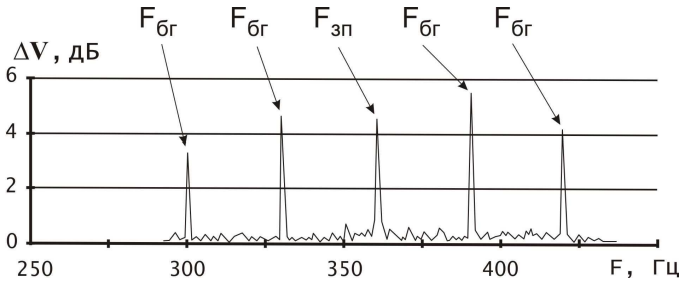


Рис.3 – Спектр зубчастої передачі з дефектом на вихідному валу

Досить часто на спектрах вібросигналів від зубчастих пар присутні гармоніки від "відбитих" бічних частот різних валів. Це виражається в присутності нових бічних гармонік, віддалених від піка гармоніки частоти зубозчеплення на величину  $d$ , що дорівнює сумі або різниці частот обертання вхідного й вихідного вала. У наведеному прикладі – це частоти 20 і 40 Гц [7].

Таким чином, досліджені спектри вібросигналів розкривають дефекти в зубчастих передачах тягових приводів електропоїздів, що дозволяє розглядати в подальшому питання, пов'язане з вібродіагностикою, та дає можливість створення вібродіагностичного комплексу.

1.Александров А.А., Барков А.В. Вибрация и вибродиагностика судового оборудования. – Л.: Судостроение, 1996. – 273 с.

2.Балицкий Ф.Я., Иванова М.А., Соколова А.Г. Виброакустическая диагностика зарождающихся дефектов. – М.: Наука, 1984. – 129 с.

3.Вибрация энергетических машин: Справочное пособие / Под ред. Н.В. Григорьева. – Л.: Машиностроение, 1983. – 464 с.

4.Карасев В.А., Ройтман А.Б. Доводка эксплуатируемых машин: вибродиагностические методы. – М.: Машиностроение, 1986. – 192 с.

5.Каталог приборов для анализа звука, вибраций и обработки данных. – Нэрум: Дания, фирма "Брюль и Кьер", 1989-1990 гг.

6.Приборы и системы для измерения вибрации, шума и удара. В 2-х кн. / Под ред. В.В.Клюева. – М.: Машиностроение, 1978. – Кн.1. – 448 с. – Кн.2. – 439 с.

7.Ширман А.Р., Соловьев А.Б. Практическая вибродиагностика и мониторинг состояния механического оборудования. – М.: Изд. центр "Академия", 1996. – 317 с.

*Отримано 09.12.2008*

УДК 620.97

В.К.НЕМ, В.П.АНДРЕЙЧЕНКО, кандидаты техн. наук, Н.П.ЛУКАШОВА  
*Харьковская национальная академия городского хозяйства*

## **МЕТОД НЕПРЕРЫВНОГО КОНТРОЛЯ ТОКА УТЕЧКИ НА ТРОЛЛЕЙБУСАХ**

Предлагается новый метод контроля изоляции троллейбусов.

В троллейбусных машинах «минусовый» провод изолирован от земли и при нарушении изоляции на корпусе может появиться потенциал 600 В, что требует непрерывного контроля состояния изоляции для обеспечения безопасности пассажиров.

В работе [1] проведен анализ существующих методов и приборов контроля изоляции электрооборудования троллейбуса и выявлены недостатки, которые не могут обеспечить объективную оценку состояния изоляции в связи с тем, что сопротивления шин эксплуатируемых сегодня троллейбусов очень малы и находятся в широких пределах (2-10) кОм.

В данной работе предлагается устройство для контроля состояния изоляции при отключенном токоприемнике, принципиальная схема которого приведена на рис.1.

Питание схемы производится от аккумуляторной батареи (12-24) В, которое преобразуется в переменное, а затем выпрямляется до 600 В. Это напряжение прикладывается между корпусом машины и его электрической цепью. Шкала прибора градуируется в амперах или в омах.

Предлагаемый прибор позволяет проверить изоляцию дифференцированно, т.е. выявить участок нарушения изоляции, а также прогнозировать возможность ее нарушения.

Опытный образец прибора был испытан и подтвержден актом испытания в Кишиневском троллейбусном управлении.